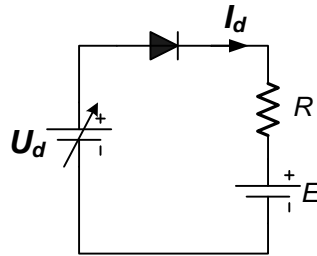


## BÀI TẬP CHƯƠNG 2: BỘ CHỈNH LƯU

**Lưu ý:** Mạch tương đương của bộ chỉnh lưu (1 pha, 3 pha) và tải (R+L+E) với điện áp trung bình ngõ ra  $U_d$  và dòng trung bình ngõ ra  $I_d$  như hình 1. Trong mạch này, diode nhằm mục đích lưu ý là dòng điện  $I_d$  chỉ chạy theo một chiều từ nguồn  $\rightarrow$  tải. Mạch này có thể áp dụng để giải các bài toán về bộ chỉnh lưu ở chế độ xác lập.

Từ đây, suy ra phương trình mạch:  $U_d = RI_d + E$

Trong trường hợp mạch làm việc ở chế độ dòng liên tục,  $U_d$  là một hàm theo góc kích  $\alpha$ , mà không phụ thuộc vào giá trị của R, L hoặc E (xem lại các công thức phần lý thuyết).



Hình 1

### Chỉnh lưu 1 pha

#### Bài 1:

1. Trị trung bình điện áp ngõ ra (xem dạng  $u_d$  trên hình 2):

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \sqrt{2}U \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U (1 + \cos \alpha) = 0.45U (1 + \cos \alpha),$$

trong đó: U: trị hiệu dụng áp nguồn xoay chiều cung cấp cho cầu chỉnh lưu.

Sinh viên tự vẽ quan hệ  $U_d(\alpha)$ , lưu ý là chỉ vẽ với  $\alpha$  trong khoảng  $0 \rightarrow \pi$ .

2. Dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ , và  $i_s$  như hình 2.

Lưu ý là trường hợp tải thuần trở như bài này, giá trị tức thời của dòng ngõ ra sẽ là:

$$i_d = \frac{u_d}{R}$$

Do đó, dạng dòng ngõ ra  $i_d$  sẽ giống như dạng áp ngõ ra  $u_d \rightarrow$  Khi  $u_d = 0$  thì  $i_d = 0 \rightarrow$  SCR tắt  $\rightarrow$  điện áp ngõ ra  $u_d$  và dòng ngõ ra  $i_d$  sẽ bằng zero khi  $u_s < 0$ .

3. Trị trung bình dòng ngõ ra của bộ chỉnh lưu:

$$I_d = \frac{U_d}{R}$$

Trị hiệu dụng dòng ngõ ra bộ chỉnh lưu:

$$I_{d,rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_d^2 d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \left( \frac{\sqrt{2} U \sin(\omega t)}{R} \right)^2 d(\omega t)} = \frac{U}{R} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}} ; \alpha: \text{góc kích (rad)}$$

Trị hiệu dụng dòng ngõ vào bộ chỉnh lưu:

$$I_{s,rms} = I_{d,rms}$$

(S/v tự chứng minh, lưu ý là  $i_s = i_d$  khi T1 và T2 dẫn, và  $i_s = -i_d$  khi T3 và T4 dẫn).

Công suất P tại ngõ vào bộ chỉnh lưu = công suất  $P_d$  tại ngõ ra của bộ chỉnh lưu (bỏ qua tổn hao trên cầu chỉnh lưu). Ngoài ra, do tải là điện trở thuần nên:

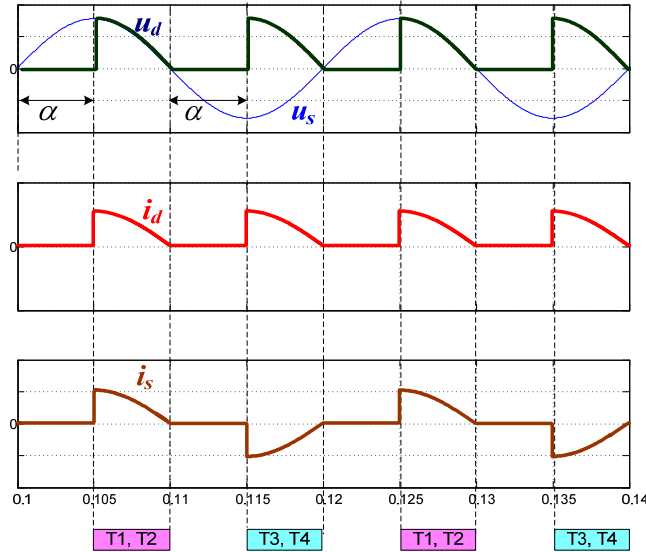
$$P = P_d = R I_{d,rms}^2$$

Công suất biểu kiến tại ngõ vào:

$$S = U_{s,rms} \cdot I_{s,rms} = U \cdot I_{d,rms}$$

Từ đó suy ra hệ số công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu đã cho trong bài là:

$$HSCS = \frac{P}{S} = \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin(2\alpha)}{2\pi}} = 0.707 \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{2} \text{)}$$



Hình 2

## Bài 2:

1. Theo giả thiết của đề bài, dòng tải  $i_d$  là phẳng (nghĩa là mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục) nên ta có:

$$U_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U \cos \alpha$$

(SV xem lại phần chứng minh công thức này trong lý thuyết)

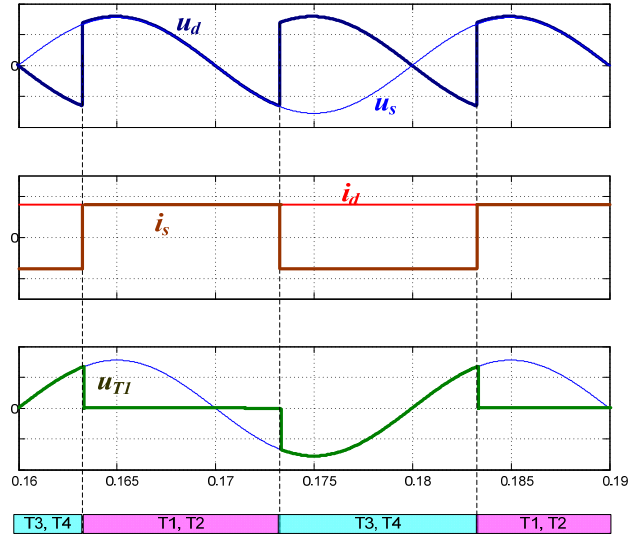
Sinh viên tự vẽ quan hệ  $U_d(\alpha)$ , lưu ý là chỉ vẽ với  $\alpha$  trong khoảng  $0 \rightarrow \pi$ .

2. Dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ ,  $u_{T1}$  và  $i_s$  như hình 3.

Với các dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ , và  $i_s$ , có thể xem lại phần lý thuyết.

Với dạng sóng  $u_{T1}$ , lưu ý là:

- Khi T1 dẫn (T3 tắt):  $u_{T1} = 0$
- Khi T3 dẫn (T1 tắt):  $u_{T1} = u_s$



Hình 3

3. Vì  $i_d$  phẳng nên trị trung bình của dòng tải  $i_d$  = trị hiệu dụng của  $i_d$  (SV tự chứng minh điều này)

$$I_{d,rms} = I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{99 - 75}{2} = 12A$$

Công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu  $P$  = công suất tại ngõ ra  $P_d$  (bỏ qua tổn hao trên cầu chỉnh lưu). Ngoài ra, do dòng  $i_d$  là phẳng nên:

$$P = P_d = U_d I_d$$

Công suất biểu kiến tại ngõ vào:

$$S = U_{s,rms} \cdot I_{s,rms} = U \cdot I_d \text{ (SV tự chứng minh } I_{s,rms} = I_d \text{)}$$

Từ các biểu thức trên, suy ra hệ số công suất ngõ vào bộ chỉnh lưu:

$$HSCS = \frac{P}{S} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cos \alpha = 0.45 \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{3} \text{)}$$

Bộ chỉnh lưu lúc này hoạt động ở chế độ chỉnh lưu (do công suất ra  $P_d = U_d I_d > 0$  và góc kích  $\alpha < \pi/2$ ), do đó chiều truyền công suất là: nguồn  $\rightarrow$  tải.

4. Để  $I_d = 10A$  khi  $E = -75V$ , có thể tính ra được:

$$U_d = RI_d + E = -55V$$

Từ đó suy ra:  $\cos \alpha = -0.152$

Góc kích cần thiết:  $\alpha = 103^\circ$

Bộ chỉnh lưu lúc này hoạt động ở chế độ nghịch lưu (do công suất ra  $P_d = U_d I_d < 0$  và góc kích  $\alpha > \pi/2$ ), do đó chiều truyền công suất là: tải  $\rightarrow$  nguồn.

Dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ ,  $u_{T1}$  và  $i_s$  tương tự như hình 2 nhưng với góc kích  $\alpha = 103^\circ$  (SV tự vẽ)

#### Bài 4:

1. Dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ , và  $i_s$  **giống như hình 2, câu 1**. Như vậy, với tải thuần trở, dạng sóng của cầu chỉnh lưu điều khiển toàn phần và của cầu chỉnh lưu điều khiển bán phần tương tự nhau.
2. Vì dạng sóng dòng và áp ngõ ra của bộ chỉnh lưu lúc này giống như bài 1, các công thức tính trị trung bình và trị hiệu dụng dòng tải  $i_d$ , và hệ số công suất ngõ vào của cầu chỉnh lưu cũng **giống như bài 1**.

SV tự tính toán các kết quả cuối cùng dựa trên thông số đã cho của cầu chỉnh lưu.

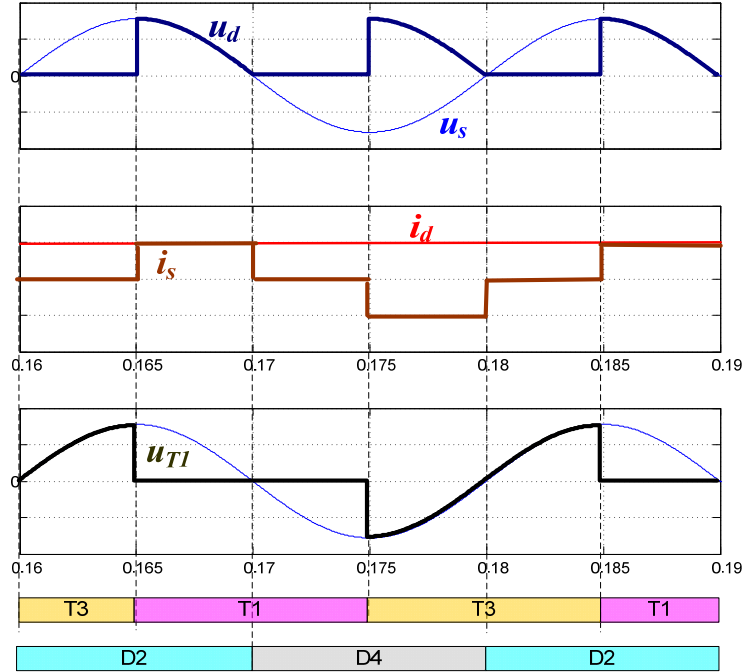
#### Bài 5:

1. Dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ ,  $u_{T1}$  và  $i_s$  như hình 6.  
Với các dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ , và  $i_s$ , có thể xem lại phân lý thuyết.  
Với dạng sóng  $u_{T1}$ , lưu ý là:
  - Khi T1 dẫn (T3 tắt):  $u_{T1} = 0$
  - Khi T3 dẫn (T1 tắt):  $u_{T1} = u_s$
2. Theo giả thiết của đề bài, dòng tải  $i_d$  là phẳng (nghĩa là mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục) nên ta có:

$$U_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U (1 + \cos \alpha) = 99V \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{2} \text{)}$$

SV tự vẽ mạch tương đương của bài này, từ đó suy ra:

$$U_d = RI_d$$



**Hình 4**

Trị trung bình dòng ngõ ra:  $I_d = \frac{U_d}{R} = 49.5A$

Từ đồ thị có thể suy ra trị hiệu dụng của dòng ngõ vào  $I_{s,rms}$  như sau:

$$I_{s,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_s^2 d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[ \int_{\alpha}^{\pi} I_d^2 d(\omega t) + \int_{\pi+\alpha}^{2\pi} (-I_d)^2 d(\omega t) \right]} = I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}} ; \alpha: \text{góc kích (rad)}$$

Công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu  $P$  = công suất tại ngõ ra  $P_d$  (bỏ qua tổn hao trên cầu chỉnh lưu). Vì dòng  $i_d$  là phẳng nên công suất tại ngõ ra có thể tính như sau:

$$P = P_d = U_d I_d$$

Công suất biểu kiến tại ngõ vào bộ chỉnh lưu:

$$S = U_{s,rms} \cdot I_{s,rms} = U \cdot I_d \sqrt{\frac{\pi - \alpha}{\pi}}$$

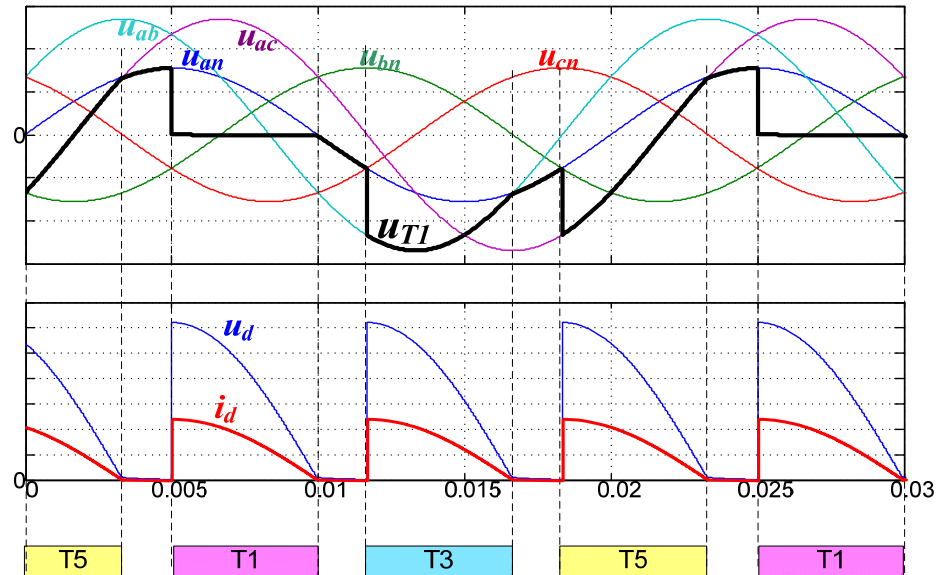
Từ đó suy ra hệ số công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu đã cho trong bài là:

$$HSCS = \frac{P}{S} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \sqrt{\frac{\pi}{\pi - \alpha}} (1 + \cos \alpha) = 0.636 \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{2} \text{)}$$

## Chỉnh lưu 3 pha

### Bài 6:

- Giả thiết tải có  $R = 10\Omega$ ,  $L = 0$  (tải thuần trở). Với góc kích  $\alpha = \pi/3$ , các dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ ,  $u_{T1}$  như hình 5 dưới đây



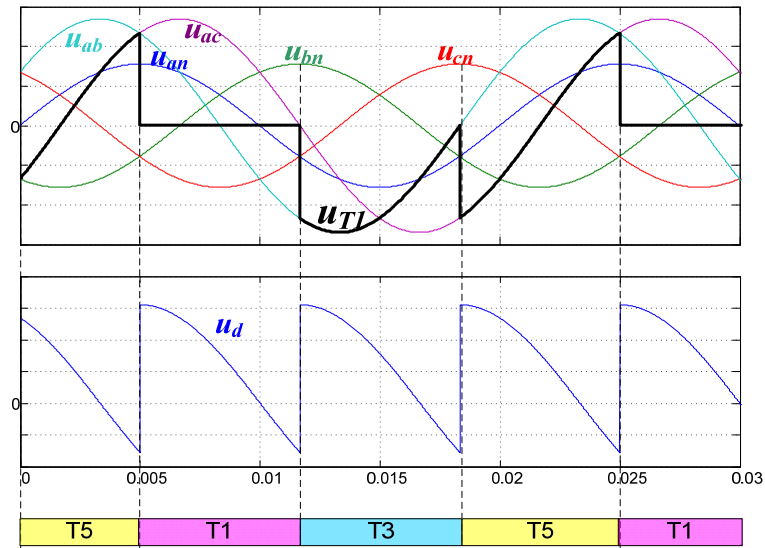
Hình 5

Lưu ý là dạng sóng  $u_{T1}$  trên T1 phụ thuộc vào trạng thái đóng ngắt của các SCR nối chung cực cathode với SCR này:

- Khi T1 dẫn (T3, T5 tắt):  $u_{T1} = 0$
- Khi T3 dẫn (T1, T5 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{bn} = u_{ab}$
- Khi T5 dẫn (T1, T3 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{cn} = u_{ac}$
- Khi các SCR đều tắt:  $u_{T1} = u_{an}$  (do lúc này  $u_d = 0$  vì  $i_d = 0$ )

Sinh viên tự suy ra dạng sóng dòng  $i_a$  (đây cũng là dòng qua SCR T1)

- Giả thiết tải có  $R = 10\Omega$ ,  $L$  đủ lớn để dòng  $i_d$  có thể xem là phẳng. Với góc kích  $\alpha = \pi/3$ , các dạng sóng  $u_d$  và  $u_{T1}$  như hình 6 dưới đây. Các dạng sóng dòng ngõ ra ( $i_d$ ) và dòng ngõ vào trên pha a ( $i_a$ ) sinh viên tự xem lại slide tương ứng trong phần lý thuyết.



**Hình 6**

Lưu ý là dạng sóng  $u_{T1}$  trên T1 phụ thuộc vào trạng thái đóng ngắt của các SCR nối chung cực cathode với SCR này:

- Khi T1 dẫn (T3, T5 tắt):  $u_{T1} = 0$
- Khi T3 dẫn (T1, T5 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{bn} = u_{ab}$
- Khi T5 dẫn (T1, T3 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{cn} = u_{ac}$

### Bài 8:

1. Theo giả thiết của đề bài, dòng tải  $i_d$  là phẳng (nghĩa là mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục) nên ta có:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha = 2.34 U \cos \alpha$$

Sinh viên tự vẽ quan hệ giữa  $U_d(\alpha)$ , lưu ý là chỉ vẽ với  $\alpha$  trong khoảng  $0 \rightarrow \pi$ .

2. Giả thiết tải có L đủ lớn để dòng  $i_d$  có thể xem là phẳng. Với góc kích  $\alpha = \pi/3$ , các dạng sóng  $u_d$ ,  $i_d$ , dòng ngõ vào  $i_a$  của pha a và điện áp  $u_{T1}$  trên T1, như hình 7 dưới đây.

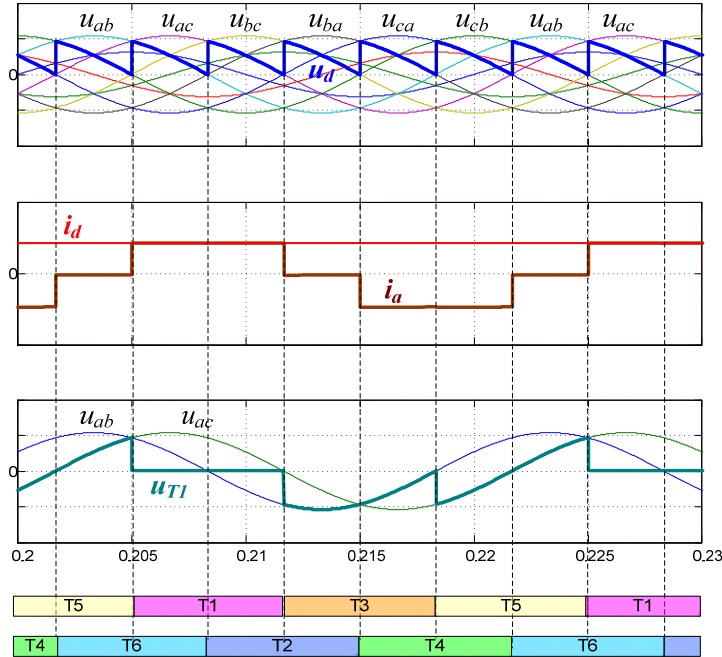
Lưu ý là dạng sóng  $u_{T1}$  trên T1 phụ thuộc vào trạng thái đóng ngắt của các SCR nối chung cực cathode với SCR này:

- Khi T1 dẫn (T3, T5 tắt):  $u_{T1} = 0$
- Khi T3 dẫn (T1, T5 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{bn} = u_{ab}$
- Khi T5 dẫn (T1, T3 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{cn} = u_{ac}$

Dòng ngõ vào  $i_a$  phụ thuộc vào trạng thái hoạt động của T1 và T4:

- Khi T1 dẫn và T4 tắt:  $i_a = i_d$

- Khi T4 dẫn và T1 tắt:  $i_a = -i_d$
- Khi T1 và T4 tắt:  $i_a = 0$



Hình 7

3. Theo giả thiết của đề bài, dòng tải  $i_d$  là phẳng (nghĩa là mạch hoạt động ở chế độ dòng liên tục) nên ta có:

$$U_d = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U \cos \alpha = 257.4V \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{3} \text{)}$$

SV tự vẽ mạch tương đương của bài này, từ đó suy ra:

$$U_d = RI_d + E$$

$$\text{Dòng ngõ ra trung bình: } I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{257.4 - 200}{2} = 28.7A$$

Vì  $i_d$  phẳng nên trị trung bình của dòng tải  $i_d$  = trị hiệu dụng của  $i_d$  :

$$I_{d,rms} = I_d$$

Từ đồ thị có thể suy ra trị hiệu dụng của dòng ngõ vào  $I_{s,rms}$  như sau (lưu ý là ở bán kỳ dương,  $i_s = I_d$  trong khoảng  $2\pi/3$ , và ở bán kỳ âm  $i_s = -I_d$  trong khoảng  $2\pi/3$ ):

$$I_{s,rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_s^2 d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{2\pi/3} I_d^2 d(\omega t) + \int_{\pi}^{\pi+2\pi/3} (-I_d)^2 d(\omega t) \right]} = I_d \sqrt{\frac{2}{3}}$$



Công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu  $P$  = công suất tại ngõ ra  $P_d$  (bỏ qua tổn hao trên cầu chỉnh lưu). Vì dòng  $i_d$  là phẳng nên công suất ngõ ra có thể tính theo công thức:

$$P = P_d = U_d I_d$$

Công suất biểu kiến tại ngõ vào:

$$S = 3U_{s,rms} \cdot I_{s,rms} = 3U \cdot I_d \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Từ đó suy ra hệ số công suất tại ngõ vào bộ chỉnh lưu đã cho trong bài là:

$$HSCS = \frac{P}{S} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cos \alpha = 0.68 \text{ (với } \alpha = \frac{\pi}{3} \text{)}$$

Bộ chỉnh lưu lúc này hoạt động ở chế độ chỉnh lưu (do công suất ra  $P_d = U_d I_d > 0$  và góc kích  $\alpha < \pi/2$ ), do đó chiều truyền công suất là: nguồn  $\rightarrow$  tải.

4. Để  $I_d = 20A$  khi  $E = -200V$ , có thể tính ra được:

$$U_d = RI_d + E = 2 \times 20 - 200 = -160V$$

$$\text{Từ đó suy ra: } \cos \alpha = \frac{U_d}{\frac{3\sqrt{6}}{\pi} U} = \frac{U_d}{2.34U} = \frac{-160}{2.34 \times 220} = -0.31$$

Góc kích cần thiết:  $\alpha = 108^\circ$

Bộ chỉnh lưu lúc này hoạt động ở chế độ nghịch lưu (do công suất ra  $P_d = U_d I_d < 0$  và góc kích  $\alpha > \pi/2$ ), do đó chiều truyền công suất là: tải  $\rightarrow$  nguồn.

## Bài 9:

1. Vẽ dạng sóng:  $u_d$ ,  $i_d$ , dòng qua diode D4, dòng qua thyristor T1, dòng ngõ vào  $i_a$  và điện áp  $u_{T1}$  với góc kích  $\alpha = 30^\circ$ .

Các dạng sóng như hình 8 dưới đây.

Về dạng sóng  $u_d$ , xin xem chi tiết trong các slide bài giảng tương ứng.

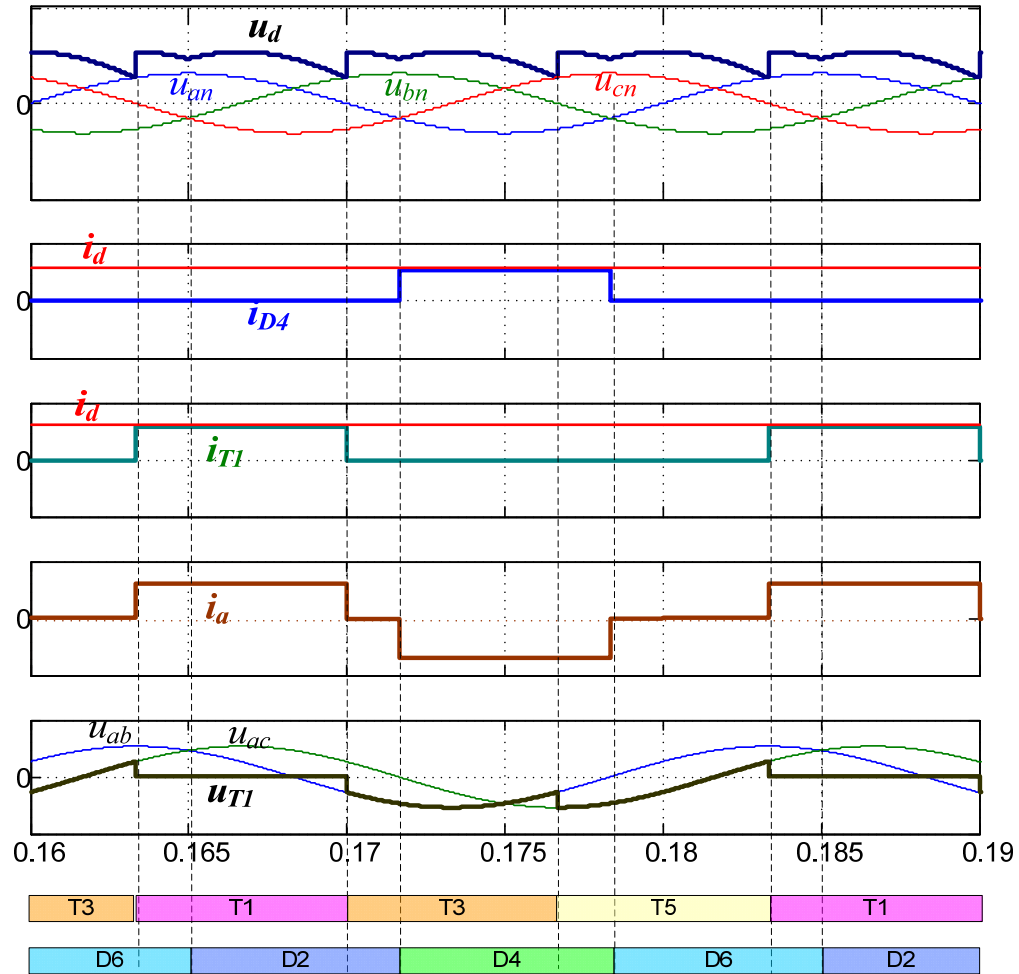
Lưu ý là dạng sóng  $u_{T1}$  trên T1 phụ thuộc vào trạng thái đóng ngắt của các SCR nối chung cực cathode với SCR này:

- Khi T1 dẫn (T3, T5 tắt):  $u_{T1} = 0$
- Khi T3 dẫn (T1, T5 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{bn} = u_{ab}$
- Khi T5 dẫn (T1, T3 tắt):  $u_{T1} = u_{an} - u_{cn} = u_{ac}$

Dòng ngõ vào  $i_a$  phụ thuộc vào trạng thái hoạt động của T1 và D4:

- Khi T1 dẫn:  $i_a = i_d$
- Khi D4 dẫn:  $i_a = -i_d$

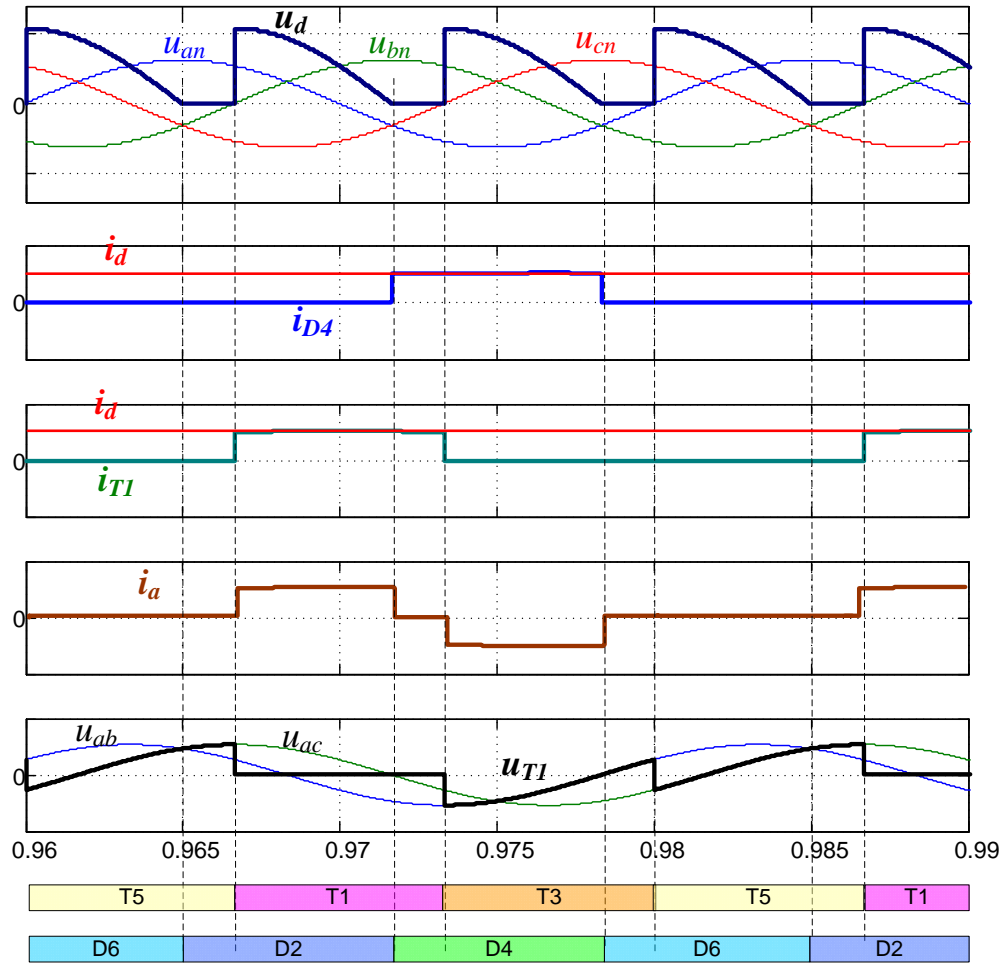
- Khi T1 và D4 cùng tắt, hoặc T1 và D4 cùng dẫn:  $i_a = 0$



Hình 8 ( $\alpha = 30^\circ$ )

- Vẽ dạng sóng:  $u_d$ ,  $i_d$ , dòng qua diode D4, dòng qua thyristor T1, dòng ngõ vào  $i_a$  và điện áp  $u_{T1}$  với góc kích  $\alpha = 90^\circ$ .

Các dạng sóng như hình 9 dưới đây.



Hình 9 ( $\alpha = 90^\circ$ )